УДК 004.93

Ю.В. Крак[1], А.В. Бармак[2], А.С. Тлебалдинова[3], В.И.Ляшко[4], И.О.Стеля[1]
[1]Киевский национальный университет имени Тараса Шевченко,
ул. Владимирская, 64/13, г. Киев, Украина, 01601
[2]Хмельницкий национальный университет
ул. Институтская, 11, г. Хмельницкий, Украина, 29016
[3]Восточно-Казахстанский государственный университет им.С.Аманжолова,
30-й Гвардейской дивизии, 34, г. Усть-Каменогорск, Республика Казахстан, 070002
[4]Национальный университет «Киево-Могилянская академия»,
ул. Г.Сковороды, 2, г. Киев, Украина, 04070

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАСПОЗНАВАНИЯ НОМЕРНЫХ ЗНАКОВ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ ПУТЕМ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ ИХ ГЕОМЕТРО-ТОПОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК

Iu.V. Krak[1], O.V. Barmak[2], A.S. Tlebaldinova[3], V.I.Liashko[4], I.O.Stelia[1]

[1]Taras Shevchenko National University of Kyiv
64/13, Volodymyrska str., Kyiv, Ukraine, 01601
[2]Khmelnytskyi National University
11, Instytutska str., Khmelnytskyi, Ukraine, 29026
[3]Sarsen Amanzholov East-Kazakhstan State University,
34, str.Tridsatoi Gvardeiskoy Divizii, Ust_Kamenogorsk, Republic of Kazakhtan, 070002
[4] National University of «Kyiv-Mogila Akademy»,
2, Skovorody str., Kyiv, Ukraine, 04070

IMPROVED OF THE VEHICLES LICENSE PLATES RECOGNITION BY CONVERTING THEIR GEOMETRICAL AND TOPOLOGICAL FUTURES

Приведены результаты одного из подходов к распознаванию номерных знаков автомобилей. Для повышения эффективности распознавания предлагается введение предварительных преобразований в состав алгоритмов на базе контурного анализа и шаблонного метода. Разработан способ сведения к единому виду всех типов номерных знаков. Предложен метод кластеризации, который позволил существенно уменьшить размерность исходного признакового пространства и время обработки изображений.
Ключевые слова: кластеризация, распознавание, номерные знаки автомобилей.

The results one approach to the recognition of license plate are presented. For improved of recognition efficiencies is proposes the introduction of pre-conversion to the algorithms based on the contour analysis and template method. A method of reduction to a single view of all types of license plates is created. The method of clustering, which will significantly reduce the dimensionality of the input feature space and imaging time is proposed.
Key words: clasterization, recognition, vehicles license plates.

Введение

В настоящее время для решения задачи распознавания номерных знаков (НЗ) предлагается множество алгоритмов, методов и методик [1-5], каждый из которых имеет свои особенности в применении и их использование зависит от постановки задачи и оценки их применяемости в той или иной ситуации.

В работе [6] был предложен алгоритм локализации номерных знаков транспортных средств (ТС), разработанный на основе выбора характеристических

© Ю.В. Крак, А.В. Бармак, А.С. Тлебалдинова, В.И.Ляшко, И.О.Стеля

признаков с помощью гистограммы ориентированных градиентов (англ. Histogram of Oriented Gradients, HOG) и классификации методом опорных векторов (англ. Support Vector Machine, SVM). Этот же алгоритм был использован и для идентификации буквенно-цифровых значений НЗ ТС. На основе экспериментальных исследований определены основные условия применимости предложенных алгоритмов.

В данной работе представлены проблемы исследований и пути их решения, направленные на разработку методов преобразования геометро-топологических характеристик номерных знаков, суть которых заключается в предварительной обработке локализованного НЗ, путем сведения всех типов НЗ к единому однострочному виду, а также в преобразовании цветных НЗ в однородную палитру серого цвета. Основной целью предложенных преобразований геометро-топологических характеристик номерных знаков является повышение эффективности распознавания символов.

Методы преобразования геометро-топологических характеристик номерных знаков

Большинство из существующих алгоритмов обработки изображений [7,8] предназначены для улучшения качества [9,10] изображения и приведения их к виду, удобному для дальнейшей обработки с целью получения информации, которая в них содержится [11], поскольку качество распознавания во многом зависит и от выбора информативных признаков объектов. В данной работе, в качестве характерных признаков номерных знаков, предлагается использовать их геометро-топологические параметры на примере государственных стандартов РК [12, 13].

После завершения этапа локализации номерного знака [6], производится вычисление дополнительных признаков найденных объектов, которые необходимы для преобразования двустрочных номерных знаков к однострочным. В качестве таких признаков НЗ, взяты коэффициент заполнения Z_{coef} и соотношение сторон Z_{AspRat}, которые вычисляются по следующим формулам:

$$Z_{coef} = \frac{S_{obj}}{h_{bar} \cdot w_{bar}}, \quad (1)$$

$$Z_{AspRat} = \frac{h_{bar}}{w_{bar}}, \quad (2)$$

где S_{obj} – площадь найденного объекта, h_{bar} – высота НЗ, w_{bar} – ширина НЗ.

Отметим, что значение Z_{coef} будет равно заранее известному числу, поскольку значение соотношения сторон Z_{AspRat} постоянное и для однострочных НЗ составляет 0,2.

Если значение соотношения Z_{AspRat} больше либо меньше значения 0,2, то локализованный объект является двустрочным НЗ. Для его преобразования в однострочный необходимо вначале определить принадлежность НЗ к одному из стандартов, поскольку они имеют значительные отличия по структуре и внешнему виду. В качестве отличительного признака служит наличие изображения флага РК на НЗ 2012 года, которое расположено в левом верхнем углу номерного знака.

Для нахождения левой кромки флага используется алгоритм изменения цвета НЗ с белого на голубой. Если изображение флага будет найдено, то НЗ считается НЗ

 © Ю.В. Крак, А.В. Бармак, А.С. Тлебалдинова, В.И.Ляшко, И.О.Стеля

стандарта 2012 года и далее алгоритм переходит к этапу разрезания. Здесь под разрезанием понимаются математические операции над изображением НЗ. Этап разрезания в данном случае состоит из двух подэтапов: разрезание пополам по горизонтали и разрезание пополам второй вырезанной части по вертикали. Тем самым, в результате разрезаний, двустрочный НЗ делится на 3 части. Схематично этап разрезания НЗ стандарта 2012 года изображен на рис. 1.

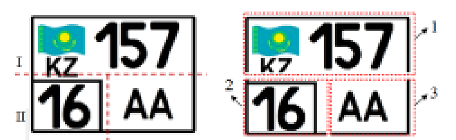


Рис. 1. Этап разрезания номерного знака

После этапа разрезания осуществляется склейка (объединение) выделенных (вырезанных) частей НЗ в установленном порядке, результат которой приведен на рис. 2.

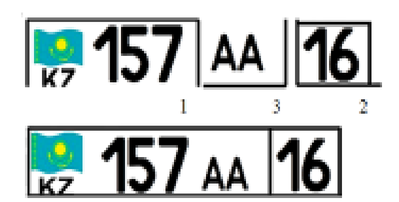


Рис. 2. Склейка вырезанных частей номерного знака

Если же изображение флага не найдено, соответственно, данный тип НЗ считается НЗ стандарта 2003 года, где алгоритм осуществляет только горизонтальный разрез пополам. В результате двустрочный НЗ делится на две части. Процесс разделения НЗ стандарта 2003 года приведен на рис. 3.

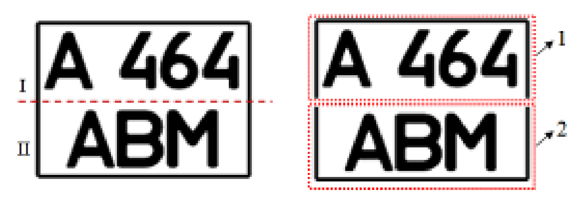


Рис. 3. Разделение номерного знака

Далее осуществляется объединение вырезанных частей НЗ в установленном порядке (см. рис. 4.)



Рис. 4. Склейка вырезанных частей номерного знака стандарта 2003 года

Таким образом, осуществляется преобразование всех типов двустрочных номерных знаков к однострочному виду, результаты которых приведены в табл. 1.

Таблица 1. Преобразование двустрочных номерных знаков к однострочному виду

Тип	Стандарт	Исходный многострочный номерной знак	Преобразованный однострочный номерной знак
2	2012г.	KZ 157 16 AA	KZ 157 AA 16
2А	2003г.	A 464 ABM	A 464 ABM
2Г	2003г.	D 544 973	D 544973
2Д	2012г.	KZ M 123 456	KZ M 123 456
3С	2003г.	KP F 479	F 479 KP

В результате проведенных преобразований, все типы двустрочных НЗ сводятся к однострочному НЗ, цветовая палитра которых следующая: символы выполнены черным цветом на белом фоне, белым цветом на красном фоне, белым цветом на синем фоне, черным цветом на желтом фоне, синим цветом на белом фоне. Таким образом, для построения эффективной системы распознавания номерных знаков, в данной работе предлагается алгоритм преобразования двустрочных НЗ к однострочному виду (см. рис. 5.)

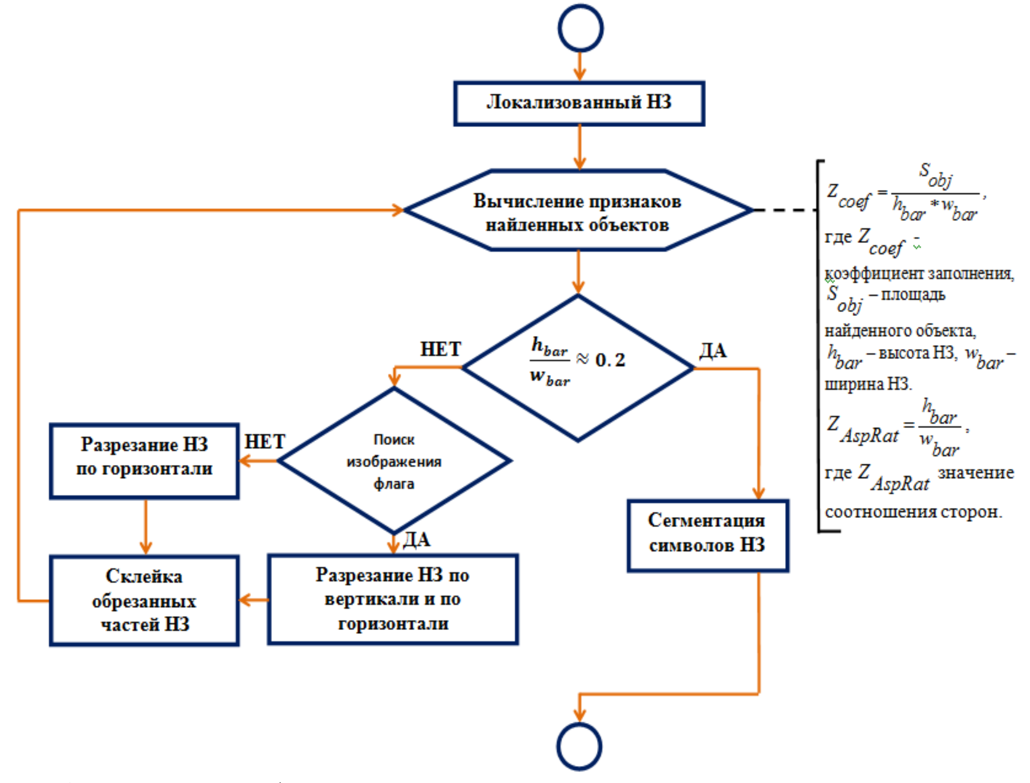


Рис. 5. Алгоритм преобразования двустрочных номерных знаков к однострочным

Далее, для преобразования всех однострочных НЗ к стандартизированному однострочному виду с однородной палитрой серого цвета, необходимо произвести преобразование цветов НЗ, алгоритм которого приведен на рис. 6.

Перед реализацией необходимых преобразований производится нормирование интенсивности всех пикселей изображения [14] способом, предложенным в [15]. В результате получим, что красные (*R*), зеленые (*G*) и синие (*B*) пиксели имеют один и тот же вес, что соответствует однородному освещению. В реальных условиях исследуемой проблемы цветная камера получает изображение с неоднородным освещением.

В таких условиях алгоритм поиска красных или желтых пикселей, соответствующих фону номерных знаков, может не дать хорошие результаты, если заранее не выполнить нормировку интенсивности пикселей по следующим формулам:

$$I = \frac{R+G+B}{3}, r = \frac{R}{R+G+B}, \ g = \frac{G}{R+G+B}, b = \frac{B}{R+G+B}, \tag{3}$$

где I – интенсивность, r - нормированный красный, g – нормированный зеленый, b – нормированный синий.

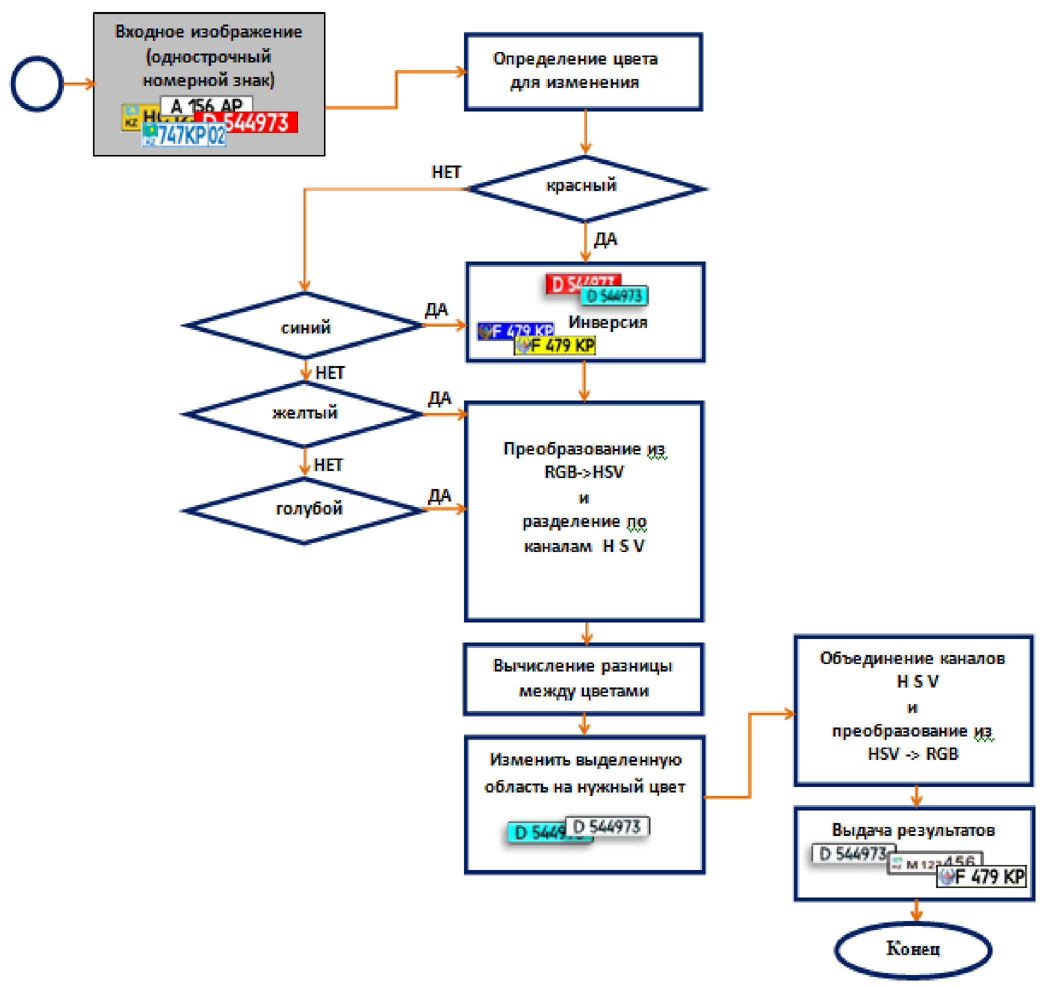


Рис. 6. Схема алгоритма преобразования цветов фона и буквенно-цифровых символов для получения изображений в однородной палитре серого цвета

Формулы (3) описывают один из способов нормировки цветовых данных для последующей интерпретации компьютерными программами или человеком. После применения формул (3) сумма нормированных цветовых составляющих всегда будет равна единице. Результаты нормировки цветов номерных знаков и инверсии приведены в табл. 2.

Таблица 2. Результаты нормировки цветов номерных знаков и инверсии

Номер НЗ	Преобразованный однострочный номерной знак	Однострочный номерной знак после инверсии
23	KZ D123456 26 07 12	KZ D123456 26 07 12
25	D 544973	D 544973
44	F 479 KP	F 479 KP

Согласно предложенному алгоритму, если цвет фона является красным либо синим, то эти изображения подвергаются инверсии, результатом которой является значение обратное или противоположное исходному (см. табл. 2. третий столбец) и осуществляется преобразование из RGB системы в HSV (Hue, Saturation, Value: цветовой тон, насыщенность, величина) [16,17]. В противном случае, осуществляется преобразование изображения из системы RGB в систему HSV и разбиение на каналы H, S и V, т.е. создаются 4 изображения: одно для хранения изображения в формате HSV и три – для последующего разделения изображения на отдельные каналы H, S, V, вычисляется разница между цветами и осуществляется замена текущего цвета на нужный цвет. Далее, соответственно, происходит объединение каналов H, S и V и обратная конвертация цветового пространства из HSV в RGB. Таким образом, все цветные номерные знаки преобразовываются в номерные знаки с белым фоном. Результаты преобразования цветов фона и буквенно-цифровых символов приведены в табл. 3.

Таблица 3. Преобразования цветов фона и буквенно-цифровых символов

Преобразованный однострочный номерной знак	Преобразованный номерной знак в однородной палитре серого цвета
KZ D123456 26 07 12	KZ D123456 26 07 12
KZ M123456	KZ M123456
KZ 747KP 02	KZ 747KP 02
F 479 KP	F 479 KP

Таким образом, в результате предложенного метода преобразования, все типы номерных знаков приводятся к единому стандартизированному однострочному виду в однородной палитре серого цвета.

Кластеризация символов с учетом их геометрических характеристик

Результаты проведенной работы по предварительной подготовке данных для распознавания символов позволили в качестве характерных признаков символов взять соотношение сторон: высоты (*h*) и ширины (*w*), которые обладают инвариантностью относительно различных преобразований и деформации [12, 13].

Размеры цифр и букв, которые используются при нанесении на номерные знаки, отличаются как по высоте, так и по ширине. Размеры ширины цифровых символов размером 58 мм по высоте составляют 30 мм и 33 мм, размером 70 мм по высоте – 35 мм и 40,5 мм, размером 76 мм по высоте – 38 мм и 44 мм. Примеры цифровых символов [17] приведены на рис. 8.

Размеры ширины буквенных символов размером 58 мм по высоте составляют 39 мм, 43 мм, 44 мм; размером 76 мм по высоте составляют 51 мм, 57 мм и 58 мм.

Пример буквенного символа «E» [17] приведен на рис. 9.

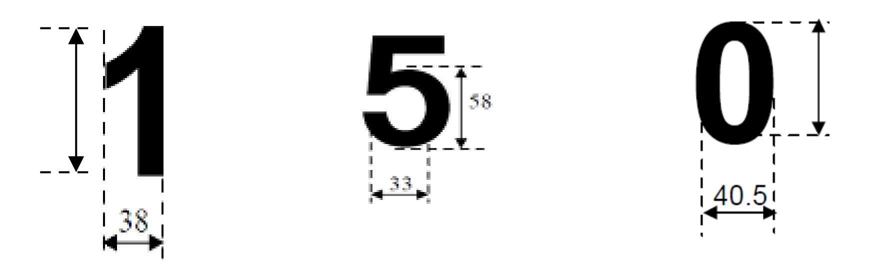


Рис. 8. Размеры цифровых символов «1», «5» и «0»

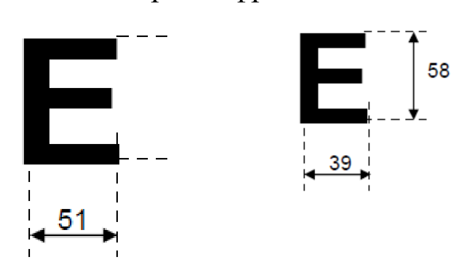


Рис. 9. Размеры буквенного символа E

Результаты вычисления соотношения сторон цифровых и буквенных символов приведены соответственно в табл. 4.

Из табл. 4 несложно выделить 4 группы (кластера) символов:

1) $A_1 = \{1\}$;

2) $A_2 = \{2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10\}$;

3) $A_3 = \{B, E, F, K, L, P, R, S\}$;

4) $A_4 = \{A, C, D, H, M, N, O, T, U, V, W, X, Y, Z\}$.

Несмотря на различные размеры символов, в разделенных кластерах состав цифр и букв не поменялся.

При вычислении значений соотношения сторон буквенно-цифровых символов, явно определяются кластеры символов и их однозначные характеристики. Достоверность этого утверждения оценена путем применения агломеративного иерархического алгоритма [16-20].

© Ю.В. Крак, А.В. Бармак, А.С. Тлебалдинова, В.И.Ляшко, И.О.Стеля

Таблица 4. Исходные данные кластеризации

ЦИФРОВЫЕ СИМВОЛЫ						
Цифра	Размером 76 мм по высоте (h)		Размером 70 мм по высоте (h)		Размером 58 мм по высоте (h)	
	ширина (w)	соотношение сторон (h/w)	ширина (w)	соотношение сторон (h/w)	ширина (w)	соотношение сторон (h/w)
1	38	2.00	35	2.00	30	1.93
2	44	1.73	40.5	1.73	33	1.76
3	44	1.73	40.5	1.73	33	1.76
4	44	1.73	40.5	1.73	33	1.76
5	44	1.73	40.5	1.73	33	1.76
6	44	1.73	40.5	1.73	33	1.76
7	44	1.73	40.5	1.73	33	1.76
8	44	1.73	40.5	1.73	33	1.76
9	44	1.73	40.5	1.73	33	1.76
0	44	1.73	40.5	1.73	33	1.76

БУКВЕННЫЕ СИМВОЛЫ				
Буква	Размером 76 мм по высоте (h)		Размером 58 мм по высоте (h)	
	ширина (w)	соотношение сторон (h/w)	ширина (w)	соотношение сторон (h/w)
A	57	1.33	43	1.35
B	51	1.49	39	1.49
C	57	1.33	43	1.35
D	57	1.33	43	1.35
E	51	1.49	39	1.49
F	51	1.49	39	1.49
H	57	1.33	43	1.35
K	51	1.49	39	1.49
L	51	1.49	39	1.49
M	57	1.33	43	1.35
N	57	1.33	43	1.35
O	57	1.33	43	1.35
P	51	1.49	39	1.49
R	51	1.49	39	1.49
S	51	1.49	39	1.49
T	57	1.33	43	1.35
U	57	1.33	43	1.35
V	57	1.33	43	1.35
W	58	1.31	44	1.32
X	57	1.33	43	1.35
Y	57	1.33	43	1.35
Z	57	1.33	43	1.35

В задачах кластерного анализа формой представления исходных данных является матрица, тогда весь набор данных можно представить в виде прямоугольной матрицы размером $k \times N$:

$$X = \begin{bmatrix} x_{11} & \dots & x_{1N} \\ \vdots & & \vdots \\ x_{k1} & \dots & x_{kN} \end{bmatrix}, \quad (4)$$

где каждая строка представляет результат измерений k рассматриваемых признаков, а N – количество образов.

На первом шаге алгоритма кластеризации каждое наблюдение x_i, $i = \overline{1, N}$ рассматривается как отдельный кластер. На каждом шаге работы алгоритма объединяются два самых близких кластера. Далее пересчитывается матрица расстояний, размерность которой на единицу меньше исходной. Такая последовательность действий происходит до тех пор, пока все кластеры не будут объединены в один класс [21]. Расстояния между объектами вычисляется с помощью евклидового расстояния:

$$c(x_i, x_j) = \sqrt{\sum_{l=1}^{k} (x_{il} - x_{jl})^2}, \quad (5)$$

где x_{il}, x_{jl} – значения l -го признака у i -го (j -го) объекта, $l = \overline{1, k}$, $i = \overline{1, N}$, $j = \overline{1, N}$.

Далее осуществляется поиск наименьшего расстояния. Из матрицы расстояний следует, что объекты 1 и 3 наиболее близки, поэтому первый и третий объекты объединятся в один кластер. Для определения расстояния между кластерами воспользуемся расстоянием по принципу ближайшего соседа. Таким образом, последовательно рассчитывая все необходимые расстояния и объединяя объекты в кластеры, в соответствии с предложенными алгоритмами, в результате кластеризации получаем два кластера: (1, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10) и (2).

Таким образом, по каждой группе кластеров можно сделать следующие выводы:

1) Значения отношений первого кластера варьируются от 1,31 до 1,35. Объектами первого кластера являются следующие 14 буквенных символов: A, C, D, H, M, N, O, T, U, V, W, X, Y, Z.

2) Значение отношения второго кластера составляет 1,49. Объектами второго кластера являются остальные 8 буквенных символов: B, E, F, K, L, P, R, S. При этом только у одной буквы «W» отношение составляет 1,31, для остальных оно меняется от 1,33 до 1,35. Отметим также, что для букв данного кластера с высотой 76 мм отношение будет равно 1,33, а для высоты букв этого же кластера 58 мм отношение будет равно 1,35. Это значит, что параметр высоты нанесения букв на НЗ также является характерным признаком для задачи классификации. Важно отметить, что при фиксированной высоте букв (58 или 76 мм) отношение высоты к ширине будет также фиксированным (для первого случая 1,33; для второго 1,35). Что касается буквы W, то отношение высоты к ширине в случае высоты 58 мм будет равно 1,32.

3) Значения отношений третьего кластера варьируются от 1,93 до 2, объектом которого является цифра 1.

4) Значения отношений четвертого кластера варьируются от 1,73 до 1,76. Важно отметить, что при фиксированной высоте цифр (58, 70 или 76 мм) отношение высоты к ширине будет также фиксированным (для первого и третьего случаев 1,73; для второго 1,93). Объектами данного кластера являются цифры: 0, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9.

Проведенный кластерный анализ буквенно-цифровых символов номерного знака транспортных средств позволил четко разделить набор буквенно-цифровых

символов на четыре кластера (рис. 10), которые в дальнейшем были использованы при построении классификатора для повышения эффективности его работы.

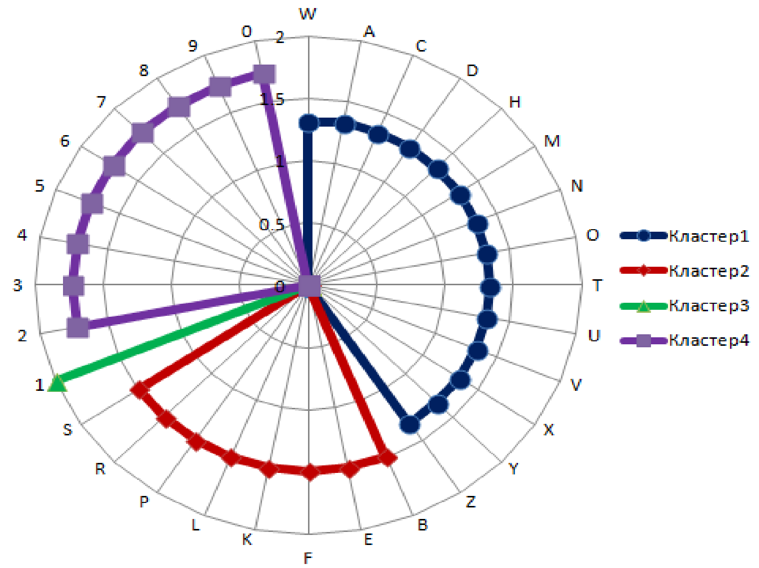


Рис. 10. Кластеризация буквенно-цифровых символов

После проведения предложенных преобразований на этапе предварительной обработки изображения на этап сегментации поступают лишь стандартизированные однострочные номерные знаки с черными символами на белом фоне. В процессе сегментации подобного изображения на нем выделяются объекты, которые могут оказаться цифровыми либо буквенными символами, дополнительной информацией (изображение флага Республики Казахстан, отличительный знак «KZ») или мусором (прилепившаяся грязь, разделительная линия между регистрационным знаком и кодом региона и т.д.). Они, как правило, представляют собой связные черные области или группы таких областей, объединенных исходя из их размеров и геометрического положения.

Решение данной проблемы осуществляется путем нахождения контуров на входном изображении с помощью контурного анализа (КА) и их оценки по заданным критериям. В качестве таких критериев выступают площадь ограничивающего прямоугольника и соотношение его сторон. Затем найденные контуры сортируются в порядке чтения номерного знака. Для каждого контура на основе его ограничивающего региона выделяется изображение символа. Полученные изображения символов масштабируются к общему размеру 34x44 и передаются на выход.

Перед этапом распознавания необходимо определить принадлежность текущего символа x к одному из кластеров $A_i, i=\overline{1,4}$. Известно, что после проведения кластерного анализа буквенно-цифровые символы были разделены на 4 кластера, где 2 кластера являются кластерами буквенных символов, остальные 2 кластера являются кластерами цифровых символов.

Принадлежность текущего символа x к одному из кластеров $A_i, i=\overline{1,4}$ определяется путем вычисления основного характерного признака данного символа и сравнения его со средним вектором $A_i, i=\overline{1,4}$.

Таким образом, классификатор вычисляет соотношение сторон текущего символа, который является инвариантным значением, и затем сравнивает его со среднеарифметическим значением каждого кластера: классификатор относит символ x к кластеру A_1, если соотношение сторон символа *h/w*=1,33; к кластеру A_2, если *h/w*=1,49; к кластеру A_3, если *h/w*=2; к кластеру A_4, если *h/w*=1,73. Далее, среди эталонов символов выбранного кластера высчитывается расстояние Хэмминга на основе шаблонного метода (ШМ), который на данном этапе дает лучшие показатели, чем при прямом применении.

Во время проведения экспериментов были протестированы 559 изображений, результаты которых приведены в таблице 5.

Таблица 5. Сравнение эффективности алгоритмов

Алгоритм / Критерий	HOG+SVM	КА+ШМ
Среднее время обработки изображения, ms	188	9,1
Процент точного распознавания	85,1	96
Тип номерного знака	однострочные	однострочные

Эксперименты показали, что в первом случае процент точного распознавания НЗ равен 85,1%, во втором 96%. В то же время, как показывает таблица 5, применение предложенного алгоритма распознавания НЗ позволило сократить среднее время обработки данных на 178,9 ms. В первом случае на базе алгоритма HOG+SVM тестировались только однострочные НЗ, поскольку в предложенных преобразованиях, на этапе предварительной обработки изображения НЗ, все типы двустрочных НЗ приводятся к однострочным.

Для обеспечения одинаковых условий при сравнении, во время тестирования разработанных алгоритмов использовалась одна и та же база изображений.

Выводы

Результаты исследований показывают, что введение предварительных преобразований в состав алгоритмов на базе контурного анализа и шаблонного метода значительно повысило результаты правильной классификации на наборе изображений до уровня 96%. Также, предложенное сведение к единому виду всех типов НЗ и применение принципа кластеризации для решения проблемы снижения размерности исходного признакового пространства позволило добиться значительного уменьшения времени обработки изображений.

В результате экспериментальных исследований было выяснено, что данный подход существенно сокращает размерность выборки символов за счет заранее определенных кластеров и позволяет достичь уменьшения итераций, тем самым обеспечивая ускорение процесса обработки символов.

Литература

1. K. Zheng, Y. Zhao, J. Gu, and Q. Hu, “License plate detection using haar-like features and histogram of oriented gradients,” in Int. Symposium on Indutrial Electronics, 2012. - PP. 1502–1505.
2. R. F. Prates, G. Cámara-Chávez, William R. Schwartz, and D. Menotti Brazilian License Plate Detection Using Histogram of Oriented Gradients and Sliding Windows // International Journal of Computer Science & Information Technology (IJCSIT) Vol 5, No 6, December 2013.- PP.39-52
3. R. A. Lotufo, A. D. Morgan, and A. S. Johnson Automatic license plate recognition (ALPR) a state-of-the-art review // IEEE transaction on circuits and system for video technology, vol. 23, no, 2013.- PP. 311-325.

4. Галуев Г.А. Нейросетевая система автоматической идентификации номерных знаков автомобилей / Г.А. Галуев, А.С. Тараненко // Искусственный интеллект. – №4. 2002. - С. 666-674.
5. Елизаров А.И. Методика построения систем распознавания автомобильного номера / А.И.Елизаров, А.В.Афонасенко // Известия Томского политехнического университета. - Т.309. - №8, 2006. - С.118-122.
6. Тлебалдинова А.С., Крак Ю.В., Бармак А.В., Денисова Н.Ф. Локализация и распознавание номерных знаков транспортных средств с помощью метода опорных векторов и гистограмм направленных градиентов / Проблемы управления и информатики. – №5, 2015.– С.123-129.
7. Jahne B. Digital Image Processing. – Berlin: Springer_Verlag, 2002. – 585 p.
8. Woodell G.A., Jobson D.J., Rahman Z., Hines G.D. Enhancement of imagery in poor visibility conditions // Sensors, and Command, Control, Communications, and Intelligence (C3I) Technologies for Homeland Security and Homeland Defense IV. Proc. SPIE 5778. – Orlando, FL, USA, 28 March 2005. – SPIE Society of Photo_Optical Instrumentation Engi, 2008. – P. 673–683.
9. Тлебалдинова А.С., Ильин А.А. Методы обработки изображений для задачи восстановления // Сборник Международной научно-практической конференции «Коммуникативные технологии в образовании: достижения и перспективы», Барнаул. 2013.- С.222-224.
10. Тлебалдинова А.С., Денисова Н.Ф., Касымханова Д.Ж., Ракышева М.А., Байгелов К.Ж. Линейные методы для реконструкции смазанных изображений // Международная конференция «Вычислительные и информационные технологии в науке, технике и образовании – 2013 (ВИТ-2013)». Ч.2., Усть-Каменогорск, 18-22 сентября, 2013.- С.227-233.
11. Прокофьева П. А., Якименко Ю. И. Анализ существующих алгоритмов обработки изображений в системе технического зрения // Математическая морфология. Электронный математический и медико-биологический журнал. - Т. 13. - Вып. 1. - 2014. - URL: http://www.smolensk.ru/user/sgma/MMORPH/TITL.HTM
12. СТ РК 986-2003 - Знаки государственные регистрационные номерные со световозвращающей поверхностью для механических транспортных средств и их прицепов. Технические условия.
13. СТ РК 986-2012 - Знаки государственные регистрационные номерные со световозвращающей поверхностью для механических транспортных средств и их прицепов и заготовки для знаков. Технические условия.
14. Ерош И.Л., Сергеев М.Б., Соловьев Н.В Обработка и распознавание изображений в системах превентивной безопасности: Учеб. пособие/ СПбГУАП. СПб., 2005.- 154 с.
15. Л. Шапиро, Дж. Стокман. Компьютерное зрение. М.: Бином. Лаборатория знаний, 2006. - 752 с.
16. Гонсалес Р., Вудс Р., Эддинс С. Цифровая обработка изображений в среде MATLAB Москва: Техносфера, 2006. - 616с.
17. Роджерс Д. Алгоритмические основы машинной графики: Пер. с англ. - М.: Мир, 1989. - 504 с.
18. Trion R.G. Cluster analysis. – L.: Ann Arbor Edwards Bros. -1939. -139 p.
19. Мандель И.Д. Кластерный анализ. – М.: Финансы и статистика. 1988.-176 с.
20. Воронцов К.В. Алгоритмы кластеризации и многомерного шкалирования. Курс лекций. МГУ, 2007.-18 с.
21. Назаров М., Калмыкова Н. и др. Курс социально-экономической статистики: Учебник для ВУЗов /Под ред. Проф. М.Г. Назарова. — Финстатинформ. Москва, 2002.-920 с.

References

1. K. Zheng, Y. Zhao, J. Gu, and Q. Hu, “License plate detection using haar-like features and histogram of oriented gradients,” in Int. Symposium on Indutrial Electronics, 2012. - PP. 1502–1505.
2. R. F. Prates, G. Cámara-Chávez, William R. Schwartz, and D. Menotti Brazilian License Plate Detection Using Histogram of Oriented Gradients and Sliding Windows // International Journal of Computer Science & Information Technology (IJCSIT) Vol 5, No 6, December 2013.- PP.39-52.
3. R. A. Lotufo, A. D. Morgan, and A. S. Johnson Automatic license plate recognition (ALPR) a state-of-the-art review // IEEE transaction on circuits and system for video technology, vol. 23, no, 2013.- PP. 311-325.
4. Galuev G.A. Nejrosetevaja sistema avtomaticheskoj identifikacii nomernyh znakov avtomobilej / G.A. Galuev, A.S. Taranenko // Iskusstvennyj intellekt. – №4. 2002. - C. 666-674.
5. Elizarov A.I. Metodika postroenija sistem raspoznavanija avtomobil'nogo nomera / A.I.Elizarov, A.V.Afonasenko // Izvestija Tomskogo politehnicheskogo universiteta. - T.309. - №8, 2006. - S.118-122.
6. Tlebaldinova A.S., Krak Ju.V., Barmak A.V., Denisova N.F. Lokalizacija i raspoznavanie nomernyh znakov transportnyh sredstv s pomoshh'ju metoda opornyh vektorov i gistogramm napravlennyh

gradientov / Mezhdunarodnyj nauchno-tehnicheskij zhurnal «Problemy upravlenija i informatiki». – №5, 2015.– S.123-129.
7. Jahne B. Digital Image Processing. – Berlin: Springer_Verlag, 2002. – 585 p.
8. Woodell G.A., Jobson D.J., Rahman Z., Hines G.D. Enhancement of imagery in poor visibility conditions // Sensors, and Command, Control, Communications, and Intelligence (C3I) Technologies for Homeland Security and Homeland Defense IV. Proc. SPIE 5778. – Orlando, FL, USA, 28 March 2005. – SPIE Society of Photo_Optical Instrumentation Engi, 2008. – P. 673–683.
9. A.S. Tlebaldinova, A.A. Il'in Metody obrabotki izobrazhenij dlja zadachi vosstanovlenija // Sbornik mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoj konferencij «Kommunikativnye tehnologii v obrazovanii: dostizhenija i perspektivy», Barnaul. 2013.- S.222-224.
10. A.S. Tlebaldinova, N.F. Denisova, D.Zh. Kasymhanova, M.A. Rakysheva, K.Zh. Bajgelov Linejnye metody dlja rekonstrukcii smazannyh izobrazhenij // Mezhdunarodnaja konferencija «Vychislitel'nye i informacionnye tehnologii v nauke, tehnike i obrazovanii – 2013 (VIT-2013)». Ch.2., Ust'-Kamenogorsk, 18-22 sentjabrja, 2013.- S.227-233.
11. Prokof'eva P. A., Jakimenko Ju. I. Analiz sushhestvujushhih algoritmov obrabotki izobrazhenij v sistemy tehnicheskogo zrenija // Matematicheskaja morfologija. Jelektronnyj matematicheskij i mediko-biologicheskij zhurnal. - T. 13. - Vyp. 1. - 2014. - URL: http://www.smolensk.ru/user/sgma/MMORPH/TITL.HTM
12. ST RK 986-2003 - Znaki gosudarstvennye registracionnye nomernye so svetovozvrashhajushhej poverhnost'ju dlja mehanicheskih transportnyh sredstv i ih pricepov. Tehnicheskie uslovija.
13. ST RK 986-2012 - Znaki gosudarstvennye registracionnye nomernye so svetovozvrashhajushhej poverhnost'ju dlja mehanicheskih transportnyh sredstv i ih pricepov i zagotovki dlja znakov. Tehnicheskie uslovija.
14. Erosh I.L., Sergeev M.B., Solov'ev N.V Obrabotka i raspoznavanie izobrazhenij v sistemah preventivnoj bezopasnosti: Ucheb. posobie/ SPbGUAP. SPb., 2005.- 154 s.
15. L. Shapiro, Dzh. Stokman. Komp'juternoe zrenie. M.: Binom. Laboratorija znanij, 2006. - 752 c.
16. Gonsales R., Vuds R., Jeddins S. Cifrovaja obrabotka izobrazhenij v srede MATLAB Moskva: Tehnosfera, 2006. - 616s.
17. Rodzhers D. Algoritmicheskie osnovy mashinnoj grafiki: Per. s angl. - M.: Mir, 1989. - 504 s.
18. Trion R.G. Cluster analysis. –L.: Ann Arbor Edwards Bros. -1939. -139 p.
19. Mandel' I.D. Klasternyj analiz. –M.: Finansy i statistika. 1988.-176 s.
20. Voroncov K.V. Algoritmy klasterizacii i mnogomernogo shkalirovanija. Kurs lekcij. MGU, 2007.-18 s.
21. Nazarov M., Kalmykova N. i dr. Kurs social'no-jekonomicheskoj statistiki: Uchebnik dlja VUZov /Pod red. Prof. M.G. Nazarova. — Finstatinform. Moskva, 2002.-920 s.

RESUME

Iu.V. Krak, O.V. Barmak, A.S. Tlebaldinova, V.I.Liashko, I.O.Stelia

Improved of the vehicles license plates recognition by converting their geometrical and topological futures

In this paper, to improve of the vehicles license plates recognition, to use the geometric and topological characteristics of the license plate is proposed.

For get of the surface futures on the license plate on the image and character information using the method of gradient oriented histogram (HOG). Classification of the license plates is carried out using the method of support vector machine (SVM). A method for converting geometric-topological characteristics of license plates intended for the information of all types of license plates to a common single-line form. For this purpose, as further features the ratio of the object area to the product of the height to the width of the license plate and the ratio of height to width are calculated. Because these relationships for the given license plates are known beforehand, then their values are used to determine one-line or two-line license plates. If the found license plate has a two-line, algorithm of reduction such the license plate to the standard single-line license plate is developed.

Since the license plates may have different color palette: the characters are made in black on white background, white on a red background, white on a blue background, in

black on a yellow background, in blue on white background, - then in the paper an algorithm for reduction of all colors to a standard, when the symbols will be in a uniform gray color palette, and the background – white is created.

For characters on the license plate recognition proposed as characteristic features of the selected characters to take the aspect ratio - height and width, which have invariance under various transformations and deformation. So, we get four clusters of symbols, which were later used for the license plates of the Republic of Kazakhstan in the construction of the classifier for improving its performance.

Thus, the introduction of advanced conversion of the algorithms based on the contour analysis and template method significantly improved results on the correct classification of images set to a level of 96%. To ensure identical conditions for comparison, during testing designed algorithms used by the same base image. Also, the proposed reduction to a single view of all types of license plates and the use of clustering principle for solving the problem of reducing the dimension of the original feature space, led to a significant reduction of image processing time.

As a result of experimental investigations, it was found that this approach significantly reduces sample dimension symbols by predetermined clusters and achieves reducing iterations, thereby providing acceleration of processing characters.

Ю.В. Крак, А.В. Бармак, А.С. Тлебалдинова, В.И.Ляшко, И.О.Стеля

Повышение эффективности распознавания номерных знаков транспортных средств путем преобразования их геометро-топологических характеристик

В данной работе, для повышения качества распознавания транспортных средств, предлагается использовать геометрические и топологические характеристики номерных знаков. Для получения признаков поверхности номера на изображении и символьной информации используется метод гистограмм направленных градиентов (HOG). Классификация номерных знаков осуществляется с помощью метода опорных векторов (SVM). Предлагается метод преобразования геометро-топологических характеристик номерных знаков предназначенный для сведения всех типов номерных знаков к единому однострочному виду. С этой целью в качестве дополнительных признаков вычисляются коэффициент заполнения как отношение площади найденного объекта к произведению высоты на ширину номерного знака и отношение высоты к ширине. Поскольку эти отношения для заданных номерных знаков заранее известны, то их значения используется для определения однострочных или двухстрочных номерных знаков. Если найденный номерный знак есть двухстрочным, то разработан алгоритм сведения такого номерного знака к стандартному однострочному номерному знаку.

Поскольку номерные знаки могут иметь различную цветовую палитру: символы выполнены черным цветом на белом фоне, белым цветом на красном фоне, белым цветом на синем фоне, черным цветом на желтом фоне, синим цветом на белом фоне, в работе предложен алгоритм алгоритм всех цветов к стандартному, когда символы будут в однородной палитре серого цвета, а фон – белым.

Для распознавания выделенных символов на номерном знаке предложено в качестве характерных признаков выделенных символов взять отношение сторон - высоты и ширины, которые обладают инвариантностью относительно различных преобразований и деформации. Так, для номерных знаков Республики Казахстан

 © Ю.В. Крак, А.В. Бармак, А.С. Тлебалдинова, В.И.Ляшко, И.О.Стеля

получены четыре кластера символов, которые в дальнейшем были использованы при построении классификатора для повышения эффективности его работы.

Таким образом, введение предварительных преобразований в состав алгоритмов на базе контурного анализа и шаблонного метода значительно повысили результаты правильной классификации на наборе изображений до уровня 96%. Для обеспечения одинаковых условий при сравнении, во время тестирования разработанных алгоритмов использовалась одна и та же база изображений. В результате экспериментальных исследований было выяснено, что данный подход существенно сокращает размерность выборки символов за счет заранее определенных кластеров и позволяет достичь уменьшения итераций, тем самым обеспечивая ускорение процесса обработки символов.

Также, предложенное сведение к единому виду всех типов НЗ и применение принципа кластеризации для решения проблемы снижения размерности исходного признакового пространства, позволило добиться значительного уменьшения времени обработки изображений.

Надійшла до редакції 11.07. 2016